Aplicación de tecnologías al cuidado de enfermería: monitorización de la saturación regional de oxígeno por espectroscopia por infrarrojo cercano

Lic. Kelly Turcatti°

RESUMEN

La espectroscopia por infrarrojo cercano es conocida por sus siglas en inglés: NIRS (*Near infrared spectroscopy*). Es un método no invasivo que mide la saturación regional de oxígeno (rSO_2) en diversos órganos y refleja el equilibrio entre el suministro de oxígeno tisular y la demanda. Permite realizar una valoración del estado hemodinámico a través de la perfusión y la oxigenación del cerebro, riñón, hígado, intestino o músculo, dependiendo del sitio donde se coloque el sensor del equipo. Detecta cualquier cambio en la perfusión de los tejidos y permite adaptar el tratamiento a la necesidad actual del recién nacido (RN). Es una tecnología de fácil aplicación, no invasiva y al tener un tamaño adecuado para el traslado, ofrece una monitorización permanente. Se puede utilizar NIRS desde el ingreso del RN a la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN); en la medida que avanza el conocimiento sobre su utilidad clínica y los profesionales se familiaricen con su uso, más neonatos requerirán de esta tecnología para mejorar su cuidado.

Palabras claves: *Saturación regional de oxígeno, espectroscopia, recién nacido, pretérmino, cuidados de enfermería.*

INTRODUCCIÓN

El empleo de la espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS) se viene utilizando desde hace muchos años para análisis de distintos productos de las industrias de alimentos, química, bioquímica, ambiental, farmacéutica y médica.

William Herschel, astrónomo y músico alemán, descubrió en el año 1800 los rayos infrarrojos y observó que la temperatura variaba para cada color. Así surge la espectroscopia infrarroja y se transforma después de 1890, en una herramienta para la investigación científica.[1] A mediados de los años 1950, Wilbur Kaye y Beckman Instruments publicaron dos artículos que ponen a NIRS sobre una base firme, pero su mayor uso comienza en la aplicación industrial, en la segunda mitad del siglo XX, evolucionando la NIRS en las ciencias agrícolas.

Karl Norris del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, reconoció el potencial de esta técnica desde las primeras etapas de su desarrollo.

En 1985, Ferrari y col., reportaron las primeras mediciones de oximetría cerebral en humanos usando NIRS.[2] En esta última década comenzó a utilizarse como herramienta de cuidado en la clínica médica.[1,2]

Función del NIRS en la UCIN

El RN en la adaptación a la vida extrauterina atraviesa diferentes cambios fisiológicos y hemodinámicos. La interrupción del flujo placentario impacta en los sistemas cardiovascular, respiratorio, metabólico y en la eliminación.

El inicio de la respiración es el momento más crítico del RN, acompañado por los cambios circulatorios. Todos los sistemas sufren modificaciones y son inmaduros en el momento del nacimiento. Esto demanda que los profesionales deban realizar una valoración exhaustiva para detectar y prevenir una inadecuada adaptación a la vida extrauterina.

En la actualidad, la tecnología colabora con el personal de salud ofreciendo datos precisos que aportan al co-

° Licenciada en Enfermería. Enfermera asistencial. Hospital de Clínicas, Montevideo. Uruguay. Correo electrónico: kturcatti@vera.com.uy

nocimiento de la situación real de cada paciente y permiten monitorizar el funcionamiento de los diferentes sistemas a fin de detectar alteraciones.

NIRS es un método no invasivo que permite monitorizar en forma continua la oxigenación tisular. Mide la rSO_2 de uno o dos órganos seleccionados y proporciona un reflejo del equilibrio entre el suministro y la demanda.

El órgano monitorizado con NIRS por excelencia es el cerebro. El sistema nervioso controla por medio de impulsos neurológicos funciones físicas y emocionales a través de complejas redes neuronales que transportan e intercambian información. Para que la función tisular no se vea afectada, requiere una adecuada oxigenación, ya que se trata de un tejido altamente dependiente del metabolismo aeróbico. En los RNPT la etiología de las lesiones cerebrales son multifactoriales. La hipoxia es tan dañina como la hiperoxia, una alteración en la saturación de oxígeno, el restablecimiento de la tensión arterial después de la hipotensión o la alteración de la frecuencia cardiaca, puede ser la causa de un cambio hemodinámico grave que puede ocasionar lesiones encefálicas con secuelas a corto o a largo plazo. En este escenario, NIRS puede detectar alteraciones del estado hemodinámico, del consumo de oxígeno del tejido y de la vitalidad del mismo, logra relacionar aspectos clínicos y así plantear un tratamiento eficiente y oportuno.

Otro monitor presente en las unidades neonatales es el monitoreo de la función cerebral o electroencefalograma de amplitud integrada (MFC o EEGa). Permite valorar la actividad eléctrica cerebral en términos de amplitud de voltaje. Analiza cambios y tendencias, logra establecer el grado de gravedad de la encefalopatía en fase aguda y el pronóstico neurológico en una fase temprana.[4]

NIRS a diferencia del MFC, identifica moléculas de hemoglobina que se encuentran circulando en la sangre capilar arterial y venosa. La medición de las cantidades de hemoglobina oxigenada respecto de la total cuantifica la rSO_2, con la capacidad de detectar también los eventos potencialmente isquémicos. Esta aparatología puede monitorizar no sólo la perfusión cerebral que se selecciona en la mayoría de los casos, sino también sensar a través del llamado ¨sensor somático¨ la perfusión renal o intestinal.

Recomendaciones para su utilización

NIRS puede ser utilizado en RN de alto riesgo desde que ingresa a la UCIN, si lo requiere, de manera que exista un registro continuo de la monitorización, con datos precisos que colaboran al momento de decidir sobre la terapéutica.

Detecta alteraciones en la oxigenación en tiempo real, proporciona datos sobre la utilización del oxígeno a nivel celular, permite evaluar la respuesta al tratamiento y su impacto.

Además, brinda datos cuantitativos seriados de la rSO_2 que está influenciada por la variable hemodinámica más relevante de todas, el flujo sanguíneo. Es una tecnología fácil de aplicar, presenta un diseño adecuado para su traslado y los datos se guardan en un dispositivo de almacenamiento portátil.

Puede emplearse en diferentes sectores de una planta física y se indica a determinados RN (*Tabla 1*).

Tabla 1: Indicación de monitorización con NIRS

- Recién nacido en período de transición.
- Recién nacido pretérmino.
- Recién nacido en shock o con falla multiorgánica.
- Recién nacido que requiere cirugía cardiovascular (período periquirúrgico).
- Recién nacido con encefalopatía hipóxico-isquémica y/o en protocolo de hipotermia terapéutica.

Esta técnica, puede ser de ayuda en la prevención de lesión cerebral por la gran variedad de parámetros hemodinámicos y metabólicos que permite evaluar.[5] Cada una de estas indicaciones tiene un propósito y se relaciona a períodos de inestabilidad hemodinámica. En el RNPT se aplica NIRS dada su vulnerabilidad e inmadurez para mantener una perfusión tisular estable.

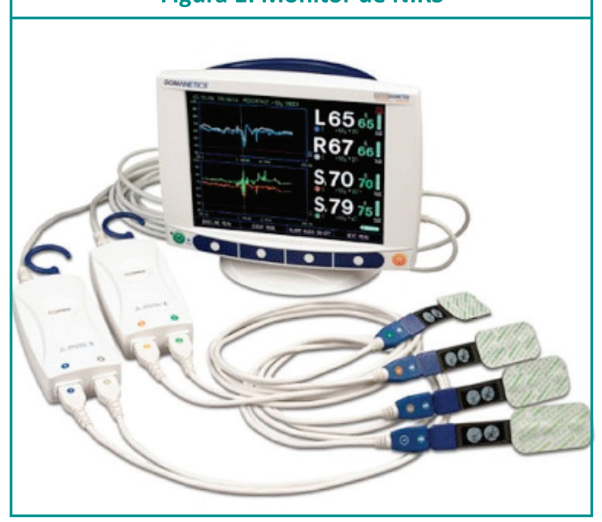
La perfusión también está alterada en un RN en shock en que se deteriora el funcionamiento de diferentes órganos: pequeñas variaciones provocan isquemia o daño tisular. Además de ser aplicable en cirugías cardiacas, se usa en RN con encefalopatía hipóxico-isquémica donde se puede valorar el intercambio gaseoso a nivel cerebral, con o sin isquemia, resultado de una insuficiencia respiratoria grave o de una cardiopatía.

Por lo tanto NIRS, puede aplicarse en todo momento en que se considere que el neonato presenta una afección de los tejidos periféricos, colaborando en los criterios de intervención y tratamiento. También se utiliza en RN con sepsis, ductus arterioso persistente, anemia, hipoxia e hiperoxia entre otras patologías.

Descripción del equipo

El dispositivo cuenta con un monitor que refleja la rSO_2 cerebral y somática, y hasta cuatro canales de datos, a través de dos sensores conectados a un preamplificador (*Figura 1*). No es necesario activar todos los sensores simultáneamente; puede utilizarse la cantidad de sensores necesarios, siendo al menos un sensor por órgano.

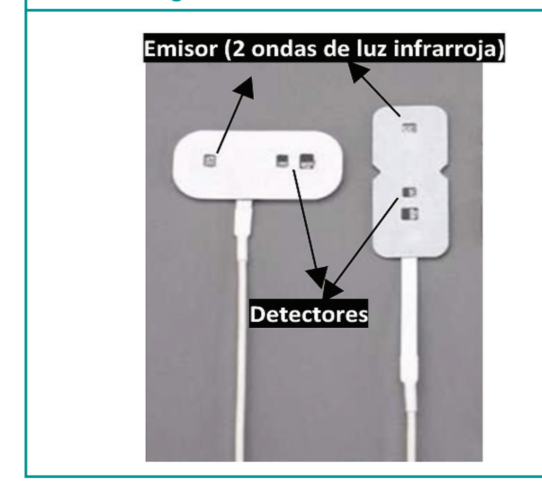
Figura 1: Monitor de NIRS



Fuente: Internet.

Los sensores presentan un pequeño emisor de luz infrarroja que al entrar en el tejido rebota y es recogida por dos detectores situados en la zona más proximal del sensor (*Figura 2*). Con estas dos detecciones, se eliminan interferencias y se obtiene la oxigenación tisular real.

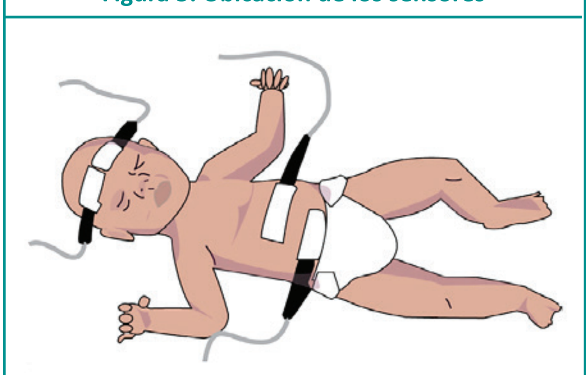
Figura 2: Sensores neonatales



Fuente: Internet.

Los sensores pueden ser ubicados a nivel cerebral o somático (intestinal, renal o muscular). En la posición cerebral, se colocan en la frente y con la parte más distal cercana a la línea media. En la ubicación somática, se posicionan de modo transversal en la línea media supra o infra umbilical o en la logia renal (*Figura 3*).

Figura 3: Ubicación de los sensores



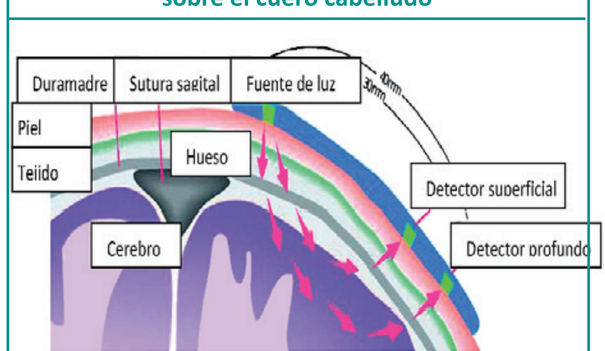
Fuente: Internet.

En la *Figura 3*, se observan dos sensores cerebrales y dos sensores somáticos para la monitorización intestinal.[11] Colocar sensores de NIRS en diferentes sitios aumenta la sensibilidad, especificidad y el valor predictivo del valor de la oxigenación regional.[9] Permite evaluar el impacto de la distribución del flujo sanguíneo a diversos órganos y la respuesta frente a intervenciones.

El método de resolución espacial que se emplea, permite diferenciar las señales superficiales de la profundas para obtener un valor sin la interferencia de la contaminación luminosa ambiental.

La representación seccional del cráneo en la *Figura 4* muestra el funcionamiento del sensor de oximetría cerebral sobre el cuero cabelludo.

Figura 4: Sensor de rSO_2 cerebral sobre el cuero cabelludo



Fuente: Internet.

La ilustración muestra la medida de profundidad de la sonda del sensor cerebral. El valor de rSO_2 representa la medición profunda menos la medición de superficie.

Al realizarse la monitorización cerebral, un haz de luz desde el sensor atraviesa la piel y el hueso y detecta los diferentes tonos de rojo que tienen las moléculas de hemoglobina cerebral. El tono depende de su estado de oxigenación (*Figura 5*).

Figura 5: Sensor con su haz de luz

Fuente: Internet.

El sensor emite la luz que atraviesa la piel del cráneo, la hemoglobina oxigenada o desoxigenada en arterias, capilares y venas. Esta luz es captada luego por los detectores, brinda un valor de hemoglobina oxigenada, principalmente venosa y evalúa el equilibrio entre el suministro y el consumo de oxígeno.

La luz es captada por otro punto del sensor y ofrece en el monitor una medida. La misma es obtenida por la diferencia entre la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina. Se puede decir que refleja el oxígeno (O_2) "sobrante", después que el tejido ha utilizado lo que necesita.

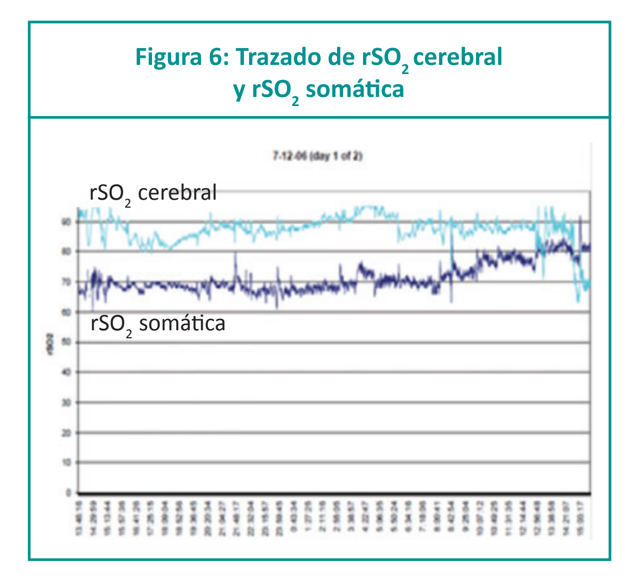
La diferencia principal con la oximetría de pulso es que esta ofrece el porcentaje de captación de O_2 por la hemoglobina circulante y al ser pulsátil, muestra que detecta únicamente el porcentaje de saturación arterial, sin evaluar el consumo de oxígeno por los tejidos.

NIRS mide la hemoglobina circulante en los diferentes tipos de vasos y en el cerebro. El componente venoso es superior (60%-70%) al arterial, por lo tanto, en la NIRS predomina el "sobrante" de O_2 que circula por el lecho venoso.

El monitor ofrece datos numéricos, gráficas y seguimiento del estado de rSO_2. El equipo incluye un software que integra, interpreta y devuelve mediciones que pueden ser útiles para realizar análisis estadísticos o gráficos.

El operador puede acceder a diferentes pantallas utilizando el "menú" de la barra de navegación. En una de las pantallas se puede observar (*Figura 6*) un gráfico donde el trazado superior (celeste en el equipo) refleja la rSO_2 cerebral y el inferior (azul en el equipo) es la rSO_2 somática.

Figura 6: Trazado de rSO_2 cerebral y rSO_2 somática



Fuente: internet.

Interpretación de valores

La interpretación de los valores requiere experiencia y entrenamiento. Todos los RN son diferentes; por tal motivo se traza una línea media basal individual; los valores son personales y únicos. Los rangos aceptables se establecen en criterios generales de la población estudiada. La interpretación se basa en los registros superiores o inferiores a la línea de base. Este valor es obtenido luego de varias mediciones, por la diferente cantidad de hemoglobina presente en la circulación sanguínea. Debido a la variabilidad de las mediciones, es necesario obtener trazados basales durante varias horas.

En general las variaciones de la rSO_2 cerebral son menores que las renales o intestinales.

Recientemente se han publicado los valores de referencia para los RNPT (*Figura 7*). Se evidencia un amplio rango de rSO_2 que depende además de la edad gestacional.

Figura 7: Datos de rSO_2 en promedio de 6 h

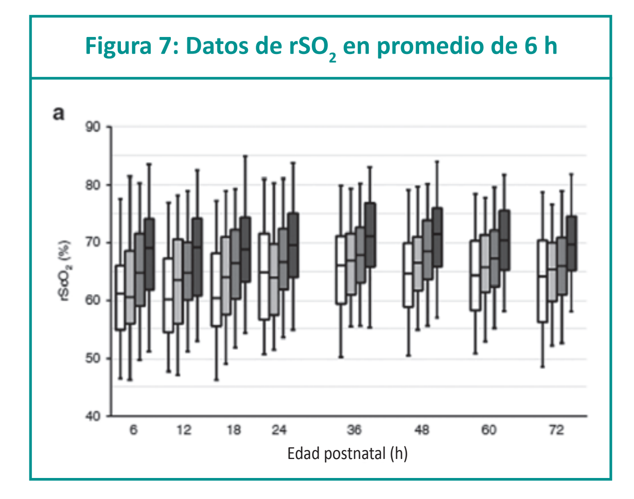
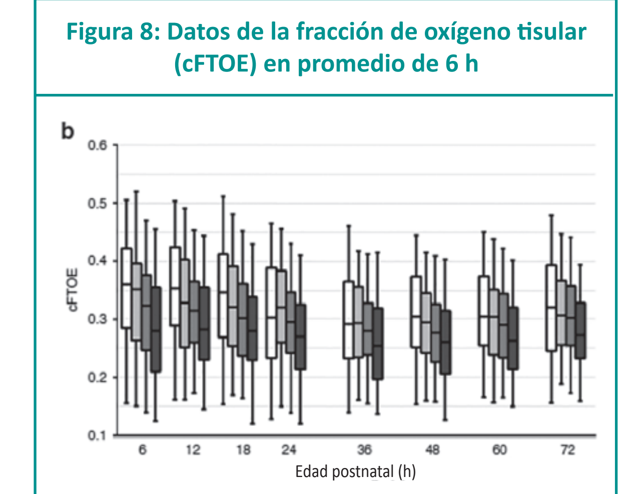


Figura 8: Datos de la fracción de oxígeno tisular (cFTOE) en promedio de 6 h



Las *Figuras 7 y 8* muestran cuatro grupos de RNPT de distinta edad gestacional. Las barras blancas indican los valores para RNPT de 24-25 semanas; las barras de color gris claro indican los datos normales para neonatos entre 26-27 semanas. Las barras de gris oscuro corresponden a prematuros de 28-29 semanas y las barras negras indican valores para RN de 30-31 semanas.

Los datos se muestran en períodos de 6 h durante 0-24 h después del nacimiento y en períodos de 12 h durante 24-72 h después del nacimiento.[6]

En condiciones de estabilidad hemodinámica el consumo de O_2 varía en los diferentes órganos del cuerpo y es más elevado en el cerebro por mayor demanda metabólica; los consumos renal e intestinal son más bajos, debido a una menor actividad.[8]

Las lecturas bajas de NIRS se producen por consumo elevado de oxígeno, por disminución del flujo sanguíneo, anemia o hipoxemia, que disminuyen la entrega de O_2 a los tejidos.

El daño o muerte neuronal conlleva a una disminución del consumo de O_2 reflejado en un valor elevado de rSO_2.[1]

Comienza el daño neuronal cuando la rSO_2 cerebral presenta un valor por debajo del 40% por un periodo de 180 minutos en el adulto y por un periodo de 30 minutos en el neonato.[9]

La saturación somática es fiable, proporciona una alerta temprana sobre cambios hemodinámicos ocultos que no aparecen en parámetros fisiológicos, como en los gases en sangre arterial, valores de la presión arterial y alteraciones de la saturación de oxígeno.

La saturación esplácnica ayuda a predecir la enterocolitis necrotizante (ECN). Es una medida difícil de realizar ya que hay muchas interferencias en el intestino como aire, gas, meconio, bilirrubina e interferencias relacionadas con la posición en decúbito dorsal o ventral.

A través de los datos obtenidos se puede medir el coeficiente esplácnico cerebral (SCOR) o fracción de extracción de oxígeno tisular (cFTOE) por los cuales se puede reconocer la necesidad de intervención quirúrgica o el riesgo de isquemia mesentérica.[6,9]

Interpretación de los datos de la pantalla

Se pueden valorar las desviaciones de la línea de base trazada para cada uno de los pacientes, marcando un umbral mínimo aceptable de 40%, indicado en la *Figura 9*, como una línea roja punteada.

El registro en niveles elevados de más de 95%, ocurre cuando disminuye la demanda de oxígeno, como por ejemplo cuando el paciente tiene asfixia prenatal y/o tratamiento de hipotermia con sedo-analgesia y en aquellos pacientes que presenten muerte cerebral.

La variabilidad del registro con respecto a la línea de base en un 10% se considera aceptable; si baja un 20% se deberá mejorar la oxigenación. Esta segunda situación puede ocurrir en un paciente con anemia, hipoxemia o hipotensión, entre otras.

El mínimo de rSO_2 que se despliega en la pantalla es 15%; la rSO_2 por debajo de este valor no se podrá catalogar en cuanto a su gravedad.

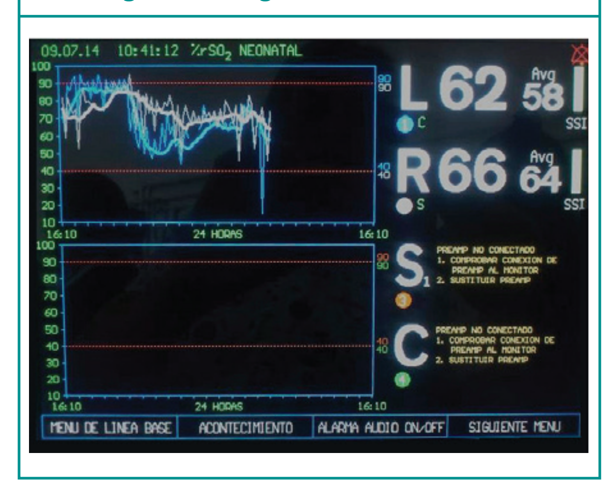
En la *Figura 9* se observan 2 líneas identificadas cada una con un color; una línea celeste referida a rSO_2 cerebral que despliega dos valores a la derecha de la pantalla. El valor 62 es la saturación regional cerebral monitorizada en tiempo real, y el valor a su derecha, en este caso identificado por un número más peque-

ño 58, indica la tendencia promedio de la saturación regional.

La línea blanca refleja la monitorización somática con su respectivo valor de saturación 66 y el valor de la tendencia promedio de rSO_2 representada por un número más pequeño 64.

Las letras L y R hacen referencia a si el sensor es izquierdo (L=*left*) o derecho (R= *right*), respectivamente y las letras S o C por debajo de los números previamente descritos, identifican si el sensor es somático o cerebral respectivamente.

Figura 9: Imagen del monitor NIRS



Cuidados de enfermería al paciente con NIRS

En las unidades neonatales la monitorización de parámetros fisiológicos es frecuente. Enfermería debe implementar cuidados adecuados para obtener datos fidedignos y confiables. Ofrecer cuidados de calidad es también acompañar los avances tecnológicos y protocolizar el uso y sus cuidados, para que ante la presencia de una aparatología todo el personal tenga conocimiento de lo que mide, cómo funciona, por qué y hasta cuándo el RN la va a requerir. Cabe destacar que la NIRS no afecta los cuidados rutinarios de enfermería.

Si el RN cumple con los criterios para comenzar la medición los cuidados son:

Corroborar si el equipamiento está en condiciones de ser usado:

- Funcionamiento del monitor y sensores.
- Limpieza del monitor y sensores. Los sensores son descartables pero admiten más de un uso estando en condiciones adecuadas, tienen un costo elevado. Se limpian con alcohol isopropílico, ya que presenta un mejor arrastre de residuos sobre todo excedentes grasos. Como antiséptico, presenta una rápida evaporación y no afecta el material del sensor.
- Ubicar el aparato en un lugar sin tránsito, cercano a la unidad del paciente, en donde se puedan observar los valores y el trazado en la pantalla en conjunto con el RN.

Informar a los padres sobre:

- El comienzo de la monitorización y explicar con palabras sencillas la razón por la cual su hijo será monitorizado.
- Funcionamiento del monitor, ventajas y desventajas.
- Cómo van colocados los sensores. Tomar uno de los sensores y apoyar sobre el dorso de la mano de los padres, disminuye la ansiedad por desconocimiento y da seguridad que no provocan dolor para el RN.

Ingresar datos del paciente:

- Nombre completo del RN.
- Fecha.
- Programar alarmas teniendo en cuenta la línea de base trazada.
- Al sonar la alarma, verificar el motivo.

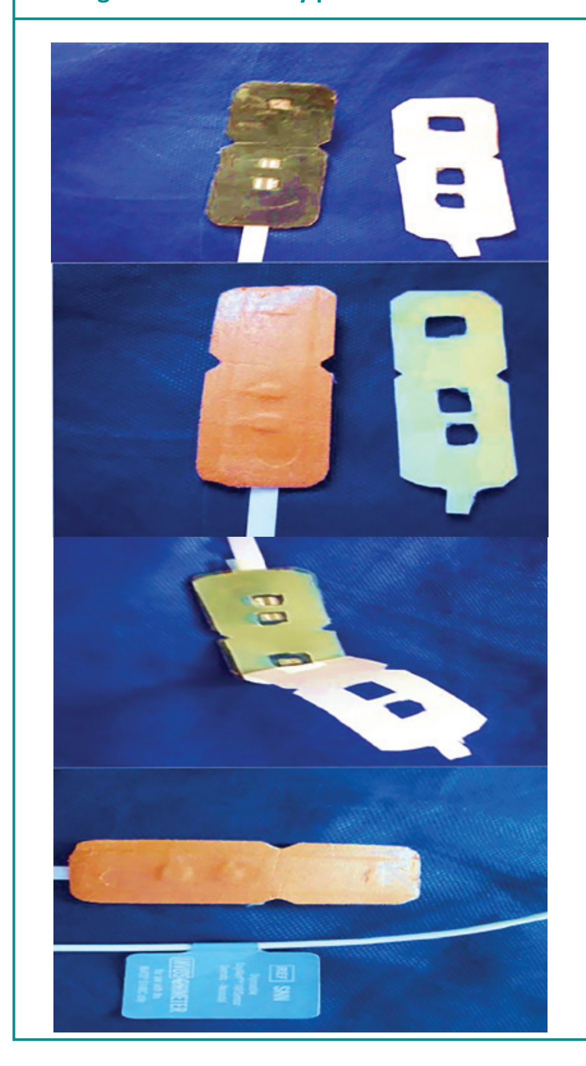
Ubicar los sensores adecuadamente:

- El sensor cerebral es más pequeño que el sensor somático.
- El sensor cerebral se ubica en la frente del RN con la parte más distal cercana a la línea media.
- El sensor somático puede ser intestinal o renal.
- El sensor somático intestinal se posiciona de modo transversal en la línea media supra o infra umbilical.
- El sensor somático renal se posiciona en la logia renal.
- Conocer que sensores se emplearán: cerebral, somático, o ambos.
- Los sensores no son reutilizables, pueden estar en un paciente el tiempo que sea necesario.
- Elegir el material adecuado para fijar los senso-

res, tener en cuenta el área de superficie, calcular el tamaño del adhesivo evitando uso excesivo del mismo.

El sensor puede colocarse sobre hidrocoloide, ya que este tiene un pegamento que se adhiere a la piel del RN y al retirarlo puede lesionarla. Cortar el adhesivo a la medida del sensor, dejando libre el emisor y los detectores para no alterar las señales captadas.

Figura 10: Sensores y protección cutánea



Observar:

- La piel del RN antes de colocar los sensores y registrar la integridad de la misma.
- Colocar el sensor en zonas con piel íntegra.
- Los sensores vienen con un pegamento que se adhiere a la piel; remover el sensor con un algodón o gasa embebido en agua estéril, para no lesionar la piel.
- Fijar el sensor evitando su movilidad, para imposibilitar el trazado de falsos valores que inducen a una interpretación errada.
- Observar los sensores, tienen un extremo rígido, pueden lesionar la piel.
- Cubrir la parte rígida del sensor con gasa para disminuir la presión.

Seleccionar diferentes eventos:

- El equipo tiene un menú que permite registrar intervenciones de cuidado preestablecidas. Algunas de ellos son alimentación, control de signos vitales, colocación de accesos vasculares y aspiración de secreciones. Registrar cada evento permite relacionar la fluctuación de los valores con los diferentes procedimientos. Este registro evita interpretaciones erróneas y alteraciones en el tratamiento.

Valorar el aporte de oxígeno para lograr optimizarlo:

- Controlar el suministro de O_2.
- Monitorizar el gasto cardiaco.
- Controlar la perfusión cerebral.
- Monitorizar la tensión arterial.
- Realizar hematocrito.

CONCLUSIÓN

NIRS brinda información que a simple vista puede parecer difícil e inalcanzable. Pero con formación y entrenamiento ofrece seguridad al paciente y favorece el neurodesarrollo del RN. Enfermería tiene un rol importante a la hora de alcanzar los objetivos terapéuticos y se requiere de compromiso para brindar una atención de calidad.

En la UCIN, los RN presentan habitualmente inestabilidad hemodinámica requiriendo atención permanente. La NIRS es sencilla de aplicar por ser no invasiva, precisa y sensible permitiendo actuar prontamente sobre la afección, modificando o suspendiendo el tratamiento.

Este equipo complementa de manera única la capacidad de monitorear los pacientes graves. Brinda información que hasta el momento no era posible detectar, y se estima que en el futuro pueda llegar a ser una herramienta tan necesaria, como es hoy la saturometría arterial en las UCIN.

Aquí también se aplican las palabras de Florence Nightingale:

"La observación indica cómo está el paciente; la reflexión indica qué hay que hacer; la destreza práctica indica cómo hay que hacerlo. La formación y la experiencia son necesarias para saber cómo observar y qué observar; cómo pensar y qué pensar".

Agradecimientos:

A la Esp. Guillermina Chattás por la oportunidad y su dedicación como docente.

A la Esp. María Luisa Videla Balaguer por sugerencias y comentarios.

A la Dra. Fernanda Blasina por compartir conocimientos y material bibliográfico.

A mi hija Ornella y esposo Gino, por el apoyo.

REFERENCIAS

1. Guillen Rojas R. Estado actual del NIRS en cirugía cardíaca. Revista Mexicana de Anestesiología 2014; 37(supl): S133-S137.
2. Da Silva, A. P. B., & de Oliveira, Herschel RA, e os raios invisíveis de calor: experimentos históricos e as tecnologias atuais. Catalá, R. M. 1999.
3. Wong D. Promoción de la salud del recién nacido y de la familia En: Editora Asociada, Enfermería pediátrica. Enfermería Pediátrica cuarta edición, Mosby-Doyma libros, S.A. 1995 ed. en español, Madrid España: 148-181.
4. Valverde E, García-Allxa A, Blanco D. Monitorizacion continua de la función cerebral mediante electroencefalografía integrada de amplitud. An Pediatr Contin. 2008;6(3):169-73.
5. Subercaseaux F. Perfusión tisular y NIRS, aplicación en Neonatología. Manual de Neonatología, pp. 104-108. [Consultado en línea: 17/07/2017]. Disponible en http://www.neopuertomontt.com/guiasneo/Guias_San_Jose/GuiasSanJose_19.pdf
6. Alderliesten T, Dix L, Baerts W, Caicedo A, et al. Reference values of regional cerebral oxygen saturation during the first 3 days of life in preterm neonates. Pediatr Res. 2016 Jan;79(1-1):55-64.
7. Marin T, Moore J. Understanding Near-Infrared Spectroscopy. Adv Neonatal Care. 2011 Dec;11(6):382-8.
8. Noori S, Wlodaver A, Gottipati V, McCoy M, et al. Transitional Changes in Cardiac and Cerebral Hemodynamics in Term Neonates at Birth. J Pediatr 2012;160(6):943-8.
9. Cerbo RM, Cabano R, Di Comite A, Longo S, et al. Cerebral and somatic rSO_2 in sick preterm infants. J Matern Fetal Neonatal Med. 2012 Oct;25 Suppl 4:97-100.
10. Golombek SG, Fariña D, Sola A, Baquero H, et al. Segundo Consenso Clínico de la Sociedad Iberoamericana de Neonatología: manejo hemodinámico del recién nacido. Rev Panam Salud Pública 2011; 29(4):281-302.
11. Navarro Vargas JR, Romero Fuentes SM. Monitoría fetal intraquirúrgica: el feto como órgano blanco. Rev. Colomb Anestesiol 2014; 42:117-19.
12. Donoso FA, Arriagada SD, Cruces RP, Díaz RF. La microcirculación en el paciente crítico. Parte II: evaluación y microcirculación como objetivo terapéutico. Rev Chil Pediatr 2013; 84 (2): 194-204.
13. Ancora G, Maranella E, Aceti A, Pierantoni L, et al. Effect of posture on brain hemodynamics in preterm newborns not mechanically ventilated. Neonatology. 2010;97(3):212-7.
14. van Bel F, Lemmers P, Naulaers G. Monitoring neonatal regional cerebral oxygen saturation in clinical practice: value and pitfalls. Neonatology. 2008;94(4):237-44.
15. Chock VY, Ramamoorthy C, Van Meurs KP. Cerebral autoregulation in neonates with a hemodynamically significant patent ductus arteriosus. J Pediatr. 2012 Jun;160(6):936-42.
16. Cortez J, Gupta M, Amaram A, Pizzino J, et al. Noninvasive evaluation of splanchnic tissue oxygenation using near-infrared spectroscopy in preterm neonates. J Matern Fetal Neonatal Med. 2011 Apr;24(4):574-82.